

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

Herausgeber:	Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
Redaktion:	Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten Andrea Schneider  Fakultät für Maschinenbau Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß, Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges, Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer, Dipl.-Ing. Silke Stauche
Redaktionsschluss: (CD-Rom-Ausgabe)	31. August 2005
Technische Realisierung: (CD-Rom-Ausgabe)	Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau Dipl.-Ing. Christian Weigel Dipl.-Ing. Helge Drumm Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Technische Realisierung: (Online-Ausgabe)	Universitätsbibliothek Ilmenau <a href="#">ilmedia</a> Postfach 10 05 65 98684 Ilmenau
Verlag:	 Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V. Werner-von-Siemens-Str. 16 98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe):	3-932633-98-9	(978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe):	3-932633-99-7	(978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:  
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

O.Kulyk / B.Stadnyk

## **Die neue Einstellung in der Erarbeitung der Wärmemengenzähler auf der Basis des hydrodynamischen Durchflussmessers.**

### **ABSTRACT**

Bei den gegenwärtig knappen in- und ausländischen Energiequellen ist die Einsparung von Energie auf Benutzungs- und Generierungsstufe eine ausserordentlich wichtig Sache. Die Wärmeübergabe von der Generationsstelle zur Benützungsstelle des Wärmeträgerflusses kann nicht wirksam sein ohne genaue Erfassung, und ohne genaue Erfassung darf man vereinbarte Berechnungen zwischen den Kunden und den Produzenten der Wärme nicht durchführen. Die Messung der Wärmemenge in den Wärmeversorgungssystemen erfolgt mit thermischen Zählern. Die Durchflussmessung des Wärmeträgers erfolgt anhand mechanischer, elektromagnetischer oder Ultraschallmessung und ausgewählten Thermowiderständen, die den Temperaturunterschied bestimmen. Der erwähnte Temperaturunterschied des Wärmeträgers zusammen mit dem Durchfluss bestimmt die Wärmemenge, die für die Wärmeversorgung vom entsprechenden Objekt verbraucht wird.

### **DURCHFLUSSMESSERSANALYSE**

Die mechanischen Durchflussmesser mit drehender Turbine sind heute die billigsten. Durch die mechanischen und festen Beimischungen im Wasser, das hauptsächlich als Wärmeträger verwendet wird, verlieren sie aber ihre primäre Charakteristik und fallen aus. Ausserdem schafft das Vorhandensein einer drehenden Turbine Widerstand des Stroms des Wärmeträgers.

Die elektromagnetischen Durchflussmesser sind relativ kompliziert im Betrieb, und bei Vorhandensein von den Beimischungen im Strom des Wärmeträgers wird auch deren primäre Charakteristik verschlechtert. Ausserdem die Arbeit im Abstand der kleinen Durchflusses (die Fluggeschwindigkeit wird hier weniger als 0.2 m/s) wird zu den Elektrodenverunreinigungen und der ungenügenden Selbstreinigung, also zu den bedeutenden Fehler aufgeführt.

Optimal zur Nutzung in den thermischen Zählern sind angesicht der Mess- und Betriebscharakteristiken die Ultraschalldurchflussmesser. Die thermischen Zähler auf der Basis solcher Durchflussmesser werden von in- und ausländischen Herstellern produziert. Doch das Vorhandensein von Luftblasen im Wasser oder auf den Strahlern und auf den Ultraschallempfängern führt zu teilweise oder vollständig unbrauchbaren Angaben.

Die von den Autoren erarbeitete Konstruktion des thermischen Zählers enthält einen modifizierten hydrodynamischen Durchflussmesser auf der Basis der Pitot-Methode. Der Zähler unterscheidet sich von den üblicherweise verwendeten dadurch, dass die in den Pitot-Röhren der allgemein bekannten Konstruktionen vorhandene Quelle der systematischen Fehler entfernt wird. Diese Fehler sind dadurch bedingt, dass die Messstellen der gesamten und statischen Drucke im Querschnitt des Wärmeträgerstroms nicht übereinstimmen. Eine zusätzliche Besonderheit des vorgeschlagenen thermischen Zählers ist die spezifische Konstruktion der Röhre des gesamten Drucks. Thermowiderstand ist in der Röhre des gesamten Drucks eingebaut. Die gemeinsame Ausführung des Temperatursensors und des Gesamtdruckrohrs entfernt eine weitere, systematische Fehlerquelle.

Das vereinfachte Schema des vorliegenden Zählers ist in Abb. 1 dargestellt.

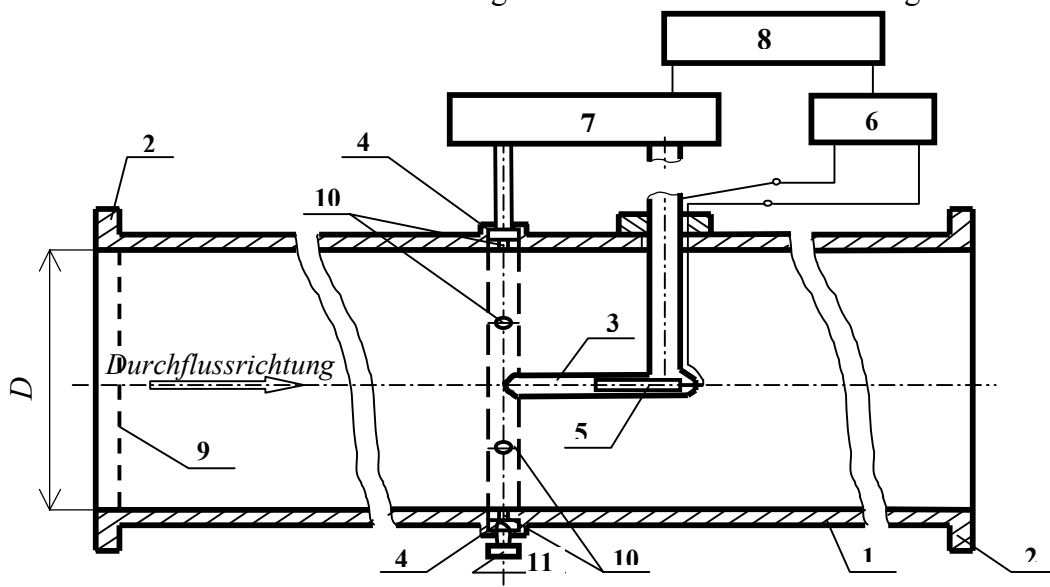


Abb. 1. Der Wärmemengenzähler auf der Basis des hydrodynamischen Durchflussmessers.

## WÄRMEMENGENZÄHLER AUF DER BASIS DES HYDRODYNAMISCHEN DURCHFLUSSMESSERS

Der vorliegende Wärmemengenzähler enthält Korpus 1 mit den Eingangs- und Abgabeansätzen 2 (für die Montage in die entsprechende Wärmeversorgungsrohrleitung). Im Körper 1 wird die Volldruckröhre 3 und die Ringkammer 4 statischer Drucke (der Wärmeträgerdurchflusssensor wird als Pneumatikröhre gebaut) eingerichtet. Innerhalb von der Volldruckröhre 3 wird der Temperatursensor 5 eingebaut, der mit dem Messumsetzer 6 verbunden wird. Die Volldruckröhre 3 und die Ringkammer 4 statischer Drucke werden zum Messumsetzer des Wärmeträgerdurchflusses 7 angeschlossen. Die Ausgänge der Durchfluss- und Temperaturumsetzer werden zum Berechnerblock 8 angeschlossen. Auf dem Eingang des Wärmeträgers im Körper 1 kann man einen oder mehrere Flussgeschwindigkeitsausgleicher 9 installieren. Die Ringkammer 4 der statischen Drucke wird auf gleicher Fläche mit der Empfangsöffnung der Volldruckröhre 3 eingerichtet und kann mit dem Lochempfänger 10 erledigt sein. Auf dem Körperboden 1 in der Ringkammer 4 kann ein Abflusshahn 11 eingebaut werden. Als Durchflussumsetzer 7 wird am häufigsten ein Differentialmanometersumsetzer verwendet.

Nach der Meinung der Autoren [7] braucht man für eine genauere Durchflussmessung der Flüssigkeit oder des Gases einige Geschwindigkeitsbedeutungen in der Diameterfläche der Rohrleitung zu messen. Wir schlagen vor, für Ausmessungen die Methode der flächengleichen Flächen zu benutzen. Das Schema der Geschwindigkeitsmesspunkte im Querschnitt der Flussrohrleitung wird auf Abb. 2 aufgezeigt:

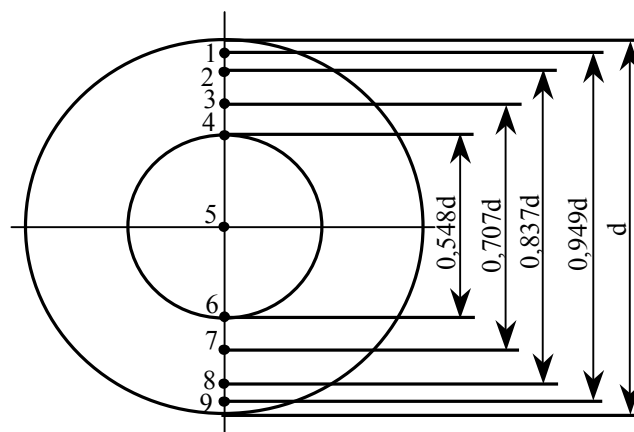


Abb. 2. Das Schema der Geschwindigkeitsmesspunkte im Querschnitt der Flussrohrleitung

Als Ergebnis dynamischer Druckmessung erhält man, in der Rechenweise, die Flussgeschwindigkeit an den gewählten Punkten. Damit kann man eine Geschwindigkeitskurve erstellen, wie auf Abb.3 gezeigt wird:

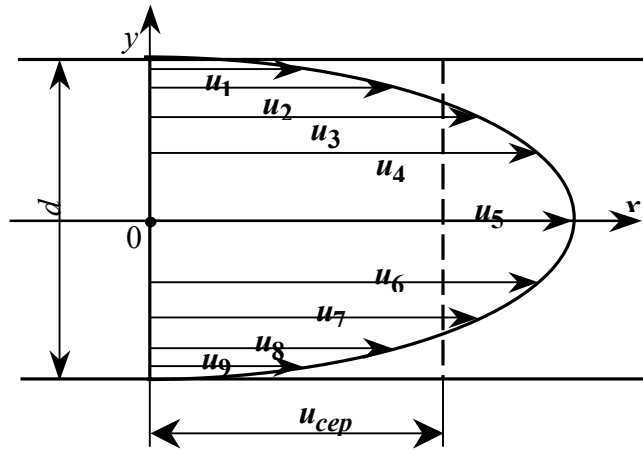


Abb. 3. Geschwindigkeitskurve im Querschnitt der Flussrohrleitung

Analytisch stellt sich die Kurve wie folgt dar:

$$x_i = -a \cdot y_i^2 + b \cdot y_i + c \quad (1)$$

Es wird die Kleinstquadratmethode verwendet, um die konkreten Bedeutungen der Konstanten **a, b, c** zu erhalten

Aus der Gleichung (1), die eine Approximation der experimentellen Daten ist, erhält man nach doppelter Integration den Sekundendurchfluss des Wärmeträgers.

Für eine solche Messrealisation wird von den Autoren der Volldruckröhrensatz empfohlen, der im aufgeführten Schema aufgestellt wird. Das Eingangskopfe befindet sich auf einer Fläche mit der Ringkammer (für die Statischdrucksauswahl). Das prinzipielle Messstreckeschema wird in Abb. 4 aufgezeigt.

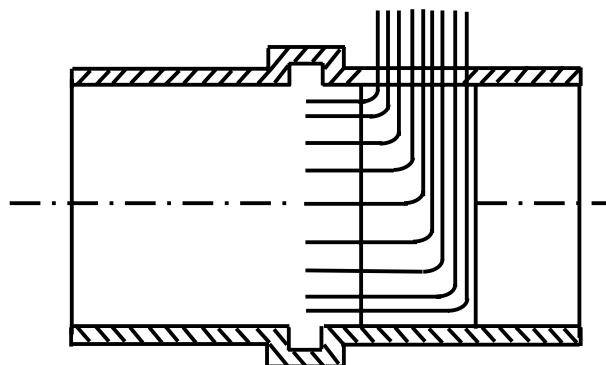


Abb. 4. Prinzipielles Meßstreckeschema

Alle Volldruckröhren werden in einem Behälter untergebracht, der ein umströmtes Profil hat, geringen Flüssigkeitswiderstand des Wärmeträgers leistet und am wenigsten Strom verbraucht.

Falls wir Sicherheit in Beziehung zur Geschwindigkeitskurvensymmetrie in den horizontalen und senkrechten Flächen haben, dann kann die Volldruckröhrenzahl verdoppelt oder verringert werden, was den hydraulischen Widerstand und den Druckverlust auf der Messstrecke bedeutend verringert.

In diesem Fall, nach der Experimentaldatenapproximation, erhalten wir die analytische Gleichung für Geschwindigkeitskurve (die Hälftkurve), und man bekommt den Sekundendurchfluss wird nach der allgemein bekannten Bestimmungsformel des Drehkörpervolumens [6,8].

Das Drehkörpervolumen, das als Ergebnis des Drehens der Kurve um die X-Achse resultiert, wird durch folgende Formel erklärt:

$$V = \pi \int_a^b [f(x)]^2 dx, \quad (2)$$

wobei

$$Q = \frac{\partial V}{\partial t}, \quad (3)$$

Der Massendurchfluss wird erklärt durch:

$$M = \rho \cdot Q \quad (4)$$

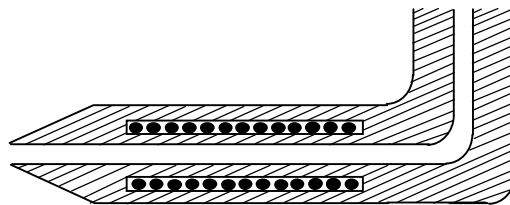
## TEMPERATURMESSUNGEN

Die Messgenauigkeit des thermischen Flusses hängt von der Messgenauigkeit des Wärmeträgerdurchflusses und der Temperaturdifferenz ab.

Da laut der obgenannten Wärmeträgerdurchflussmessmethode die hohe Messgenauigkeit erreicht wird, und die Frage der Messgenauigkeit der Temperaturdifferenz zur Zeit sehr wichtig ist, ist unsere Entscheidung bei der Konstruktionswahl auf den Temperatursensor, der in die Volldruckröhre integriert wird [6,9], gefallen.

Durch der Temperatursensorsintegration innerhalb der Volldruckröhre, was eine zusätzliche Besonderheit der Konstruktion des thermischen Zählers ist [7], wird die Wärmeträgertemperatur genauer gemessen, da der Temperatursensor von jenem Fluss des Wärmeträgers gewaschen wird, dessen Geschwindigkeit auch gemessen wird. Ausserdem sinken feste Zusätze im Wärmeträgerfluss auf dem Temperatursensor nicht ab und bleiben nicht kleben. Das heisst, die Kombination des Temperatursensors und der Volldruckröhre führt zu einer hohen Messgenauigkeit des thermischen Flusses.

Die optimale Thermomessgeberkonstruktion wird die akzeptablen dynamischen Charakteristiken des Temperaturmesskanales des thermischen Zählers versorgt. Von den Autoren [9] wird vorgeschlagen, Temperatursensor in der Volldruckröhre als Bifilarwicklung einzubauen:



Die mathematische Modellierung der vorliegenden Temperatursensorkonstruktion wird auf der Differentialgleichungslösung der Wärmeübertragung auf der Grenze einiger Umgebungen mit verschiedenen Eigenschaften gestützt. Der vorliegende Auftrag wird zweckmässig mit einer numerischen Methode, zum Beispiel mit der Methode der endlichen Elemente, aufgelöst.

Unter Berücksichtigung spezifischer Wärmeträgerthermokonazität  $c$ , kann man die Gleichung des thermischen Flusses und der Wärmemenge erstellen:

$$\Delta\Phi = M \cdot c \cdot \Delta\theta. \quad (5)$$

wo  $\Delta\theta$  - gemessene Temperaturdifferenz.

Der Arbeitsalgorithmus des Rechners des thermischen Flusses in unserer Variante wird nicht geändert, und ist ähnlich den bekannten Rechnern, die in der Praxis breit verwendet werden.



## ZUSAMMENFASSUNG

Die durchgeführte Analyse der Anwendung des besprochenen Messverfahrens der Wärmemenge in den Wärmeversorgungssystemen zeigt, dass die Konstruktion des thermischen Zählers einfacher in der Ausführung ist und die Verluste im Strom des Wärmeträgers bedeutend verringert werden. In diesem Zähler sind systematische Fehlerquellen entfernt worden. Das bedeutet, dass sie genauer als die anderen Zähler sind.

Durch die Integration des Temperatursensors innerhalb der Volldruckröhre wird die Wärmeträgertemperatur genauer gemessen, da die festen Zusätze im Wärmeträgerfluss auf den Temperatursensor nicht gesenkt werden und nicht kleben bleiben. Durch die Kombination des Temperatursensors und der Volldruckröhre lässt sich die Messgenauigkeit des thermischen Flusses erhöhen.

### Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [1] Wärmemessung für Jedermann. // TAB: Techn. Bau – 1991, №6.
- [2] Kimpakt – Wärmemengenzähler. Anwendungsorientierte Weiterentwicklung./Weide Claus-Peter.//Dtsch Maschinenwelt, -1989, -67, № 3.
- [3] Ультразвуковой тепломер Sonocal™. Проспект фирмы Danfoss.
- [4] Ультразвуковой теплосчетчик Sonocal™ серии 2000. Проспект фирмы Danfoss.
- [5] Теплолічильники Термо SN 1000. Проспект НВО “Термоприлад”, м. Львів, Україна.
- [6] С. Жуковский, О. Кулик, М. Кулик, Аналіз застосування відомих способів вимірювання кількості тепла в системах теплопостачання., „CasoviaTherm-2003“, 5. Februar 2003, Dom techniky ZSVTS Kosice, Slovakia.
- [7] С. Жуковский, М. Кулик, О.Кулик, Пристрій для вимірювання кількості тепла. Патент України № 71051
- [8] Кулик М.П., Жуковский С.С., Кулик О.М., Удосконалений метод вимірювання витрати теплоносія для лічильників кількості тепла., НТК „Промислова гідравліка і пневматика“, 17-19. 02.2004, Київ, Україна
- [9] Кулик О., Дорожовец М., Кулик М., Разработка конструкции термопреобразователя для измерителя теплового потока гидродинамическим методом, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Elektrotechnika.z 27. Metody i technika przetwarzania sygnałów w pomiarach fizycznych, 2004.st. 85-89.

### Autorenangaben:

Olena Kulyk,  
prof. Bohdan Stadnyk,  
Natiionale Universität “Lvivska Polytechnika”  
Str. St. Bandery 12,  
79013, Lviv,  
Ukraine  
tel: +38 0322 58480  
e-mail: kulyk\_olena@yahoo.com